

[First Hit](#)      [Previous Doc](#)      [Next Doc](#)      [Go to Doc#](#)  
**End of Result Set**

☐ [Generate Collection](#) [Print](#)

L46: Entry 18 of 18

File: DWPI

Oct 8, 1999

DERWENT-ACC-NO: 2001-337416

DERWENT-WEEK: 200136

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Manufacture of gallium nitride group composite semiconductor layer for light emitting device such as UV blue light emitting diode - involves annealing light irradiated gallium nitride layer, by passing nitrogen gas under predetermined pressure

PATENT-ASSIGNEE: TOSHIBA KK (TOKE)

PRIORITY-DATA: 1998JP-0070242 (March 19, 1998)

[Search Selected](#)[Search ALL](#)[Clear](#)

## PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
<input type="checkbox"/> <a href="#">JP 11274557 A</a>	October 8, 1999		004	H01L033/00

## APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DATE	APPL-NO	DESCRIPTOR
JP 11274557A	March 19, 1998	1998JP-0070242	

INT-CL (IPC): [H01 L 21/205](#); [H01 L 21/268](#); [H01 L 33/00](#)

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 11274557A

## BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - P-type GaN layer (14) is formed on the N-type GaN layer (13) which is arranged on a sapphire substrate via gallium nitride buffer layer. Nitrogen gas under reduced pressure of 20- 1000 Pa is passed to light irradiated P-type GaN layer, to anneal it at temperature of 200-400 deg. C for 30 minutes.

USE - For use during manufacture of light emitting device such as ultraviolet blue light emitting diode and laser diode.

ADVANTAGE - The appropriate manufacturing method prevents degradation of N-type GaN layer during annealing and forms low resistance P-type gallium nitride group semiconductor layer along thickness direction, within short time.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the sectional view of P-type gallium nitride group composite semiconductor layer. (13) N-type GaN layer; (14) P-type GaN layer.

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 11274557A

EQUIVALENT-ABSTRACTS:

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2

DERWENT-CLASS: L03 U11 U12 V08

CPI-CODES: L04-A02; L04-C16; L04-E03;

EPI-CODES: U11-C01B; U11-C02B; U12-A01; U12-A01B6; V08-A01A; V08-A01D; V08-A04A;

[Previous Doc](#)

[Next Doc](#)

[Go to Doc#](#)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-274557

(43)公開日 平成11年(1999)10月8日

(51)IntCl<sup>5</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

21/205

21/205

21/268

21/268

F

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平10-70242

(22)出願日 平成10年(1998)3月19日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 八幡 彰博

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 西尾 譲司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 藤本 英俊

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

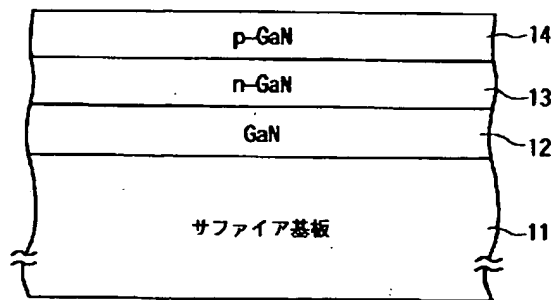
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54)【発明の名称】 p型窒化ガリウム系化合物半導体層の製造方法

(57)【要約】

【課題】 n型Ga<sub>0.5</sub>N層上に形成したp型Ga<sub>0.5</sub>N層をアニールによって低抵抗化することができ、且つアニール中におけるn型Ga<sub>0.5</sub>N層の劣化を防止する。

【解決手段】 n型Ga<sub>0.5</sub>N層13上に低抵抗のp型Ga<sub>0.5</sub>N層14を製造する方法において、サファイア基板11上にMOCVD法でGa<sub>0.5</sub>Nバッファ層12を介してSiドープのn型Ga<sub>0.5</sub>N層13を成長し、次いでn型Ga<sub>0.5</sub>N層13上にMgドープのp型Ga<sub>0.5</sub>N層14を成長し、しかるのち波長337nmの窒素レーザを照射しつつ、窒素ガスを流しながら300パスカルの減圧下で、350℃で30分間のアニールを施す。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型窒化ガリウム系化合物半導体層上に気相成長法によってp型不純物をドーパした窒化ガリウム系化合物半導体層を成長する工程と、窒素ガスを流しながら20～1000パスカルの減圧下で、前記成長した窒化ガリウム系化合物半導体層に該半導体層の禁制帯幅以上のエネルギーの光を照射しながら、該半導体層を200～400℃の温度でアニールする工程とを含むことを特徴とするp型窒化ガリウム系化合物半導体層の製造方法。

【請求項2】 前記成長した窒化ガリウム系化合物半導体層をアニールする前に、該半導体層上に前記光に対して実質的に透明であるキャップ層を形成することを特徴とする請求項1記載のp型窒化ガリウム系化合物半導体層の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、紫外・青色発光ダイオード、紫外・青色レーザダイオード等の発光デバイスの製造技術に係わり、特に気相成長法によってp型窒化ガリウム系化合物半導体層を形成するためのp型窒化ガリウム系化合物半導体層の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より青色発光デバイス用の半導体材料として、ZnSe、SiC、GaNなどに関し、多くの研究が成されてきた。その中で最近、窒化ガリウム系化合物半導体層 ( $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ )) が、常温で強い青色発光を示すことが注目されている (特開平5-183189号公報)。

【0003】 窒化ガリウム系化合物半導体層の主な成長方法としては、トリメチル・ガリウム (TMG)、トリメチル・アルミニウム (TMA)、アンモニア等を原料ガスとして用いる有機金属化学気相成長法 (MOCVD法) が用いられている。ドナー不純物としてはSi、アクセプタ不純物としてはZn、Cd、Be、Mg、Ca、Ba等が用いられる。このとき、窒化ガリウム系化合物半導体層に格子整合する良い基板がないため、通常サファイア基板上に600℃程度の低温で、AlN、GaN等からなるバッファ層を成長した後、温度を900～1100℃に昇温し、n型層、p型層を順次積層して発光デバイスを作成する。

【0004】 ところが、アクセプタ不純物を高濃度ドーピングして低抵抗p型層を成長しようとしても、成長後に何らかのプロセスを加えないとアクセプタを活性化できないため、比抵抗が $10^8 \Omega \text{cm}$ 以上のi層しか得られなかった。この理由は、MOCVD法による成長中に反応ガス、或いは雰囲気ガス中から水素が結晶中に入り込み、アクセプタ不純物を不活性化するものと考えられている。

【0005】 そこで、雰囲気が真空中、或いは $\text{N}_2$ 、H

e、Ar単独、若しくはそれらの混合ガス中で、400℃以上でアニールし、水素を結晶中から蒸発することでp型窒化ガリウム系半導体層を低抵抗化することが行われていた (特開平5-183189号公報)。

【0006】 しかしながら、上記の方法でpn接合を持つ発光デバイス用基板をアニールする場合、本来アニールが必要でないn型窒化ガリウム系化合物半導体層まで昇温してしまうため、n型層が劣化する問題が発生する。即ち、温度が比較的高温の場合、n型層からNの蒸発が起こり、N空孔を含む非発光中心が生成する。このため、n型層の内部量子効率が低下し、発光デバイスとしての特性が著しく劣化する。

【0007】 また、温度が比較的低温の場合、高抵抗化の原因となっているp型結晶内の水素の、結晶表面からの蒸発があまり進まないため、低抵抗化するために必要な時間が長くなるだけでなく、表面から遠いpn接合近傍のp型層が完全に低抵抗化されなくなる。このため、n型層への正孔の注入効率が低下し、発光デバイスの特性が劣化する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 このように従来、青色発光デバイス等の製造においては、p型窒化ガリウム系化合物半導体層を低抵抗化するためには、400℃を超える温度でアニールして結晶中から水素を蒸発させる必要があるが、このような温度では下地のn型窒化ガリウム系化合物半導体層の劣化を招く問題があった。

【0009】 本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、アニール中に下層のn型窒化ガリウム系化合物半導体層の劣化を招くことなく、p型窒化ガリウム系化合物半導体層を短時間に、厚さ方向に均一に低抵抗化できるp型窒化ガリウム系化合物半導体層の製造方法を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】 (構成) 上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。即ち本発明は、p型窒化ガリウム系化合物半導体層の製造方法において、n型窒化ガリウム系化合物半導体層上に気相成長法によってp型不純物をドーパした窒化ガリウム系化合物半導体層を成長する工程と、窒素ガスを流しながら20～1000パスカルの減圧下で、前記成長した窒化ガリウム系化合物半導体層に該半導体層の禁制帯幅以上のエネルギーの光を照射しながら、該半導体層を200～400℃の温度でアニールする工程とを含むことを特徴とする。

【0011】 ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものがあげられる。

(1) n型窒化ガリウム系化合物半導体層上に成長した窒化ガリウム系化合物半導体層を光照射と共にアニールする前に、該半導体層上に光に対して実質的に透明であるキャップ層を形成すること。

(2) 窒化ガリウム系化合物半導体層として、 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) を用いること。

(3) 気相成長法として、MOCVD法を用いること。

【0012】(作用) 本発明では、気相成長法によりp型不純物をドーパした窒化ガリウム系化合物半導体層を成長した後、窒素ガスを流しながら20から1000パスカルの減圧下で、成長した窒化ガリウム系化合物半導体層の禁制帯幅以上のエネルギーの光を該半導体層に照射しながら、200～400℃の温度でアニールを行う。

【0013】ここで、窒素ガスの圧力が20パスカルより低くなると窒化ガリウム系化合物半導体層からのNの蒸発を防ぐことができず、また1000パスカルより高くなると水素の蒸発が抑えられるので、この範囲が望ましい。この方法によって、結晶からの窒素の蒸発を防ぐと同時に、結晶からの水素の蒸発を加速することができる。

【0014】また本発明では、アニール時にp型窒化ガリウム系化合物半導体層の禁制帯幅以上のエネルギーの光を該半導体に照射する理由は、p型層のみに光エネルギーを与えるためである。p型層のみに選択的に与えられた熱エネルギーは、結晶欠陥で再結合し、それによって放出されたフォノンが水素の結晶内移動を助け、外へ蒸発することを可能にする。

【0015】アニール温度を200～400℃に設定した理由は、200℃未満の温度であると水素の蒸発が起こらず、低抵抗化しないためであり、400℃以上の温度であると、カーボン、ナトリウムなどの低抵抗化するのに有害な元素がGaN表面に付着するからである。

【0016】また本発明では、窒化ガリウム系化合物半導体層からの窒素の分解、蒸発を十分に防ぐことができるが、p型窒化ガリウム系化合物半導体層上に光に対して実質的に透明なキャップ層を設ければ、窒化ガリウム系化合物半導体層からの窒素の蒸発をさらに防ぐことが可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。図1は、本発明の一実施形態方法を適用する窒化ガリウム系化合物半導体の積層構造を示す断面図である。

【0018】まず、CVDチャンバ内に収容したサファイア基板11に対し、TMG、TMA、アンモニアを原料ガスとして用いるMOCVD法で、GaNバッファ層12を介してSiドーパn型GaN層13を20μm成長し、さらにその上にMgドーパp型GaN層14を20μm成長した。このウェハを二分割し、その一つには、波長337nm、エネルギー密度2000W/cm<sup>2</sup>の窒素レーザを照射しつつ、窒素を流しながら300パスカルの減圧下で、350℃で30分間のアニールを施した。他の一つには、常圧の窒素を流しながら、80

0℃で15分間のアニールを施した。

【0019】両者のウェハをCVDチャンバから取り出した後、電極を付け、発光ダイオードを作成した。駆動電流30mAの両者の発光スペクトルを、図2に示す。実線1は前者の試料であり、破線2は後者の試料である。前者のバンド端発光は大変強かったが、後者のバンド端発光は弱く、しかも深い順位に起因する発光が観察された。前者のウェハをアニールするときに、p型GaN層14上にSiO<sub>2</sub>からなるキャップ層を100nm付けておくと、付けないものよりもさらにバンド端発光は強くなった。

【0020】このように本実施形態によれば、p型GaN層14をアニールする際に、光を照射すると共に、窒素ガスの圧力及びアニール温度を最適化することにより、n型GaN層13を劣化させずに、p型GaN層14を短時間に、且つ厚み方向に均一に低抵抗化することができる。また、p型GaN層14のみに集中的に熱エネルギーを与えることができ、アニール温度を低くすることができる。しかも、III族とV族の化学量論比が1:1となる結晶を得ることができる。従って、発光ダイオードはもとより青色発光デバイスの製造に極めて有効である。

【0021】また、p型GaN層14上にアニール時の照射光に対して透明なキャップ層を設けることにより、GaN層13、14からのNの蒸発をさらに防ぐことが可能となる。

【0022】なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。実施形態では、GaNの製造について説明したが、これに限らずGaAlNに適用することができ、さらに各種の窒化ガリウム系化合物半導体の製造に適用することが可能である。

【0023】また、アニール時の窒素ガスの圧力は、300パスカル程度に何ら限定されるものではなく、結晶からの窒素の蒸発を防ぐと同時に、結晶からの水素の蒸発を加速する減圧条件であればよい。具体的には、窒素ガスの圧力が20パスカルより低くなると窒化ガリウム系化合物半導体層からのNの蒸発を防ぐことができないので、20パスカル以上とすればよい。さらに、窒素ガスの圧力が1000パスカルより高くなると、水素の蒸発が抑えられるので、1000パスカル以下とすればよい。

【0024】また本発明では、アニール時に照射する光は、p型窒化ガリウム系化合物半導体層で十分吸収されるものであればよく、該半導体層の禁制帯幅以上のエネルギーを有する波長であればよい。

【0025】また、アニール温度は350℃程度に何ら限定されるものではなく、仕様に応じて適宜変更可能である。但し、アニール温度が200℃未満の温度であると水素の蒸発が起こらず低抵抗化しないため、アニール温度は200℃以上が望ましい。さらに、アニール温度

が400℃を越えるとカーボン、ナトリウムなどの低抵抗化するのに有害な元素が窒化ガリウム系化合物半導体層の表面に付着するので、アニール温度は400℃以下が望ましい。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

#### 【0026】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、気相成長法によってn型窒化ガリウム系化合物半導体層上にp型不純物をドーパした窒化ガリウム系化合物半導体を成長した後、窒素ガスを流しながら20から1000

10

劣化が発生せず、p型窒化ガリウム系化合物半導体を短時間に、厚さ方向に均一に低抵抗化することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態で作成した半導体構造を示す断面図。

【図2】実施形態における窒化ガリウム系発光ダイオードの発光スペクトルを従来例と比較して示す図。

#### 【符号の説明】

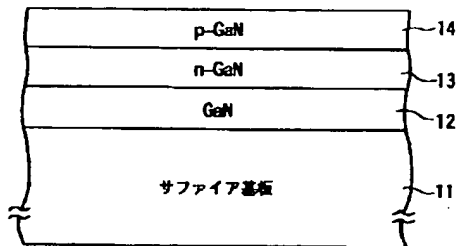
11…サファイア基板

12…GaNバッファ層

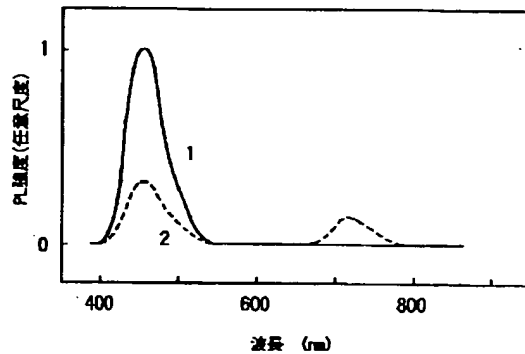
13…n型GaN層（n型窒化ガリウム系化合物半導体層）

14…p型GaN層（p型窒化ガリウム系化合物半導体層）

【図1】



【図2】



[First](#) [Previous Doc](#) [Next Doc](#) [Go to Doc#](#)

**End of Result Set**

☐ [Generate Collection](#) [Print](#)

L46: Entry 18 of 18

File: DWPI

Oct 8, 1999

DERWENT-ACC-NO: 2001-337416

DERWENT-WEEK: 200136

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Manufacture of gallium nitride group composite semiconductor layer for light emitting device such as UV blue light emitting diode - involves annealing light irradiated gallium nitride layer, by passing nitrogen gas under predetermined pressure

PATENT-ASSIGNEE: TOSHIBA KK (TOKE)

PRIORITY-DATA: 1998JP-0070242 (March 19, 1998)

[Search Selected](#) [Search All](#) [Clear](#)

## PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
<input type="checkbox"/> <a href="#">JP 11274557 A</a>	October 8, 1999		004	H01L033/00

## APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DATE	APPL-NO	DESCRIPTOR
JP 11274557A	March 19, 1998	1998JP-0070242	

INT-CL (IPC): [H01 L 21/205](#); [H01 L 21/268](#); [H01 L 33/00](#)

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 11274557A

## BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - P-type GaN layer (14) is formed on the N-type GaN layer (13) which is arranged on a sapphire substrate via gallium nitride buffer layer. Nitrogen gas under reduced pressure of 20- 1000 Pa is passed to light irradiated P-type GaN layer, to anneal it at temperature of 200-400 deg. C for 30 minutes.

USE - For use during manufacture of light emitting device such as ultraviolet blue light emitting diode and laser diode.

ADVANTAGE - The appropriate manufacturing method prevents degradation of N-type GaN layer during annealing and forms low resistance P-type gallium nitride group semiconductor layer along thickness direction, within short time.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the sectional view of P-type gallium nitride group composite semiconductor layer. (13) N-type GaN layer; (14) P-type GaN layer.

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 11274557A

EQUIVALENT-ABSTRACTS:

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2

DERWENT-CLASS: L03 U11 U12 V08

CPI-CODES: L04-A02; L04-C16; L04-E03;

EPI-CODES: U11-C01B; U11-C02B; U12-A01; U12-A01B6; V08-A01A; V08-A01D; V08-A04A;

[Previous Doc](#)

[Next Doc](#)

[Go to Doc#](#)



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-274557

(43) 公開日 平成11年(1999)10月8日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00  
21/205  
21/268

H 0 1 L 33/00  
21/205  
21/268

C  
  
F

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平10-70242

(22) 出願日 平成10年(1998)3月19日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 八幡 彰博

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 西尾 譲司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 藤本 英俊

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

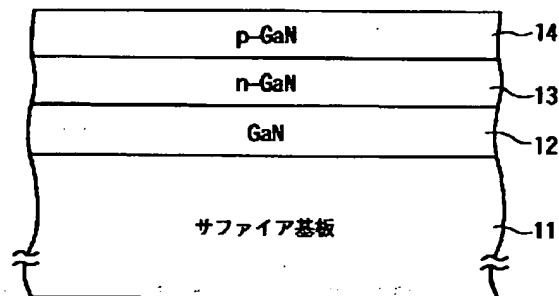
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 p型窒化ガリウム系化合物半導体層の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 n型Ga<sub>0.9</sub>N層上に形成したp型Ga<sub>0.9</sub>N層をアニールによって低抵抗化することができ、且つアニール中におけるn型Ga<sub>0.9</sub>N層の劣化を防止する。

【解決手段】 n型Ga<sub>0.9</sub>N層13上に低抵抗のp型Ga<sub>0.9</sub>N層14を製造する方法において、サファイア基板11上にMOCVD法でGa<sub>0.9</sub>Nバッファ層12を介してSiドープのn型Ga<sub>0.9</sub>N層13を成長し、次いでn型Ga<sub>0.9</sub>N層13上にMgドープのp型Ga<sub>0.9</sub>N層14を成長し、しかるのち波長337nmの窒素レーザを照射しつつ、窒素ガスを流しながら300パスカルの減圧下で、350℃で30分間のアニールを施す。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型窒化ガリウム系化合物半導体層上に気相成長法によってp型不純物をドーパした窒化ガリウム系化合物半導体層を成長する工程と、窒素ガスを流しながら20～1000パスカルの減圧下で、前記成長した窒化ガリウム系化合物半導体層に該半導体層の禁制帯幅以上のエネルギーの光を照射しながら、該半導体層を200～400℃の温度でアニールする工程とを含むことを特徴とするp型窒化ガリウム系化合物半導体層の製造方法。

【請求項2】 前記成長した窒化ガリウム系化合物半導体層をアニールする前に、該半導体層上に前記光に対して実質的に透明であるキャップ層を形成することを特徴とする請求項1記載のp型窒化ガリウム系化合物半導体層の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、紫外・青色発光ダイオード、紫外・青色レーザダイオード等の発光デバイスの製造技術に係わり、特に気相成長法によってp型窒化ガリウム系化合物半導体層を形成するためのp型窒化ガリウム系化合物半導体層の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より青色発光デバイス用の半導体材料として、ZnSe, SiC, GaNなどに関し、多くの研究が成されてきた。その中で最近、窒化ガリウム系化合物半導体層 ( $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ )) が、常温で強い青色発光を示すことが注目されている (特開平5-183189号公報)。

【0003】 窒化ガリウム系化合物半導体層の主な成長方法としては、トリメチル・ガリウム (TMG), トリメチル・アルミニウム (TMA), アンモニア等を原料ガスとして用いる有機金属化学気相成長法 (MOCVD法) が用いられている。ドナー不純物としてはSi、アクセプタ不純物としてはZn, Cd, Be, Mg, Ca, Ba等が用いられる。このとき、窒化ガリウム系化合物半導体層に格子整合する良い基板がないため、通常サファイア基板上に600℃程度の低温で、AlN, GaN等からなるバッファ層を成長した後、温度を900～1100℃に昇温し、n型層、p型層を順次積層して発光デバイスを作成する。

【0004】 ところが、アクセプタ不純物を高濃度ドーパして低抵抗p型層を成長しようとしても、成長後に何らかのプロセスを加えないとアクセプタを活性化できないため、比抵抗が $10^8 \Omega \text{cm}$ 以上のi層しか得られなかった。この理由は、MOCVD法による成長中に反応ガス、或いは雰囲気ガス中から水素が結晶中に入り込み、アクセプタ不純物を不活性化すると考えられている。

【0005】 そこで、雰囲気ガスが真空中、或いは $\text{N}_2$ , H

e, Ar単独、若しくはそれらの混合ガス中で、400℃以上でアニールし、水素を結晶中から蒸発することでp型窒化ガリウム系半導体層を低抵抗化することが行われていた (特開平5-183189号公報)。

【0006】 しかしながら、上記の方法でpn接合を持つ発光デバイス用基板をアニールする場合、本来アニールが必要でないn型窒化ガリウム系化合物半導体層まで昇温してしまうため、n型層が劣化する問題が発生する。即ち、温度が比較的高温の場合、n型層からNの蒸発が起り、N空孔を含む非発光中心が生成する。このため、n型層の内部量子効率が低下し、発光デバイスとしての特性が著しく劣化する。

【0007】 また、温度が比較的低温の場合、高抵抗化の原因となっているp型結晶内の水素の、結晶表面からの蒸発があまり進まないため、低抵抗化するために必要な時間が長くなるだけでなく、表面から遠いpn接合近傍のp型層が完全に低抵抗化されなくなる。このため、n型層への正孔の注入効率が低下し、発光デバイスの特性が劣化する。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 このように従来、青色発光デバイス等の製造においては、p型窒化ガリウム系化合物半導体層を低抵抗化するためには、400℃を超える温度でアニールして結晶中から水素を蒸発させる必要があるが、このような温度では下地のn型窒化ガリウム系化合物半導体層の劣化を招く問題があった。

【0009】 本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、アニール中に下層のn型窒化ガリウム系化合物半導体層の劣化を招くことなく、p型窒化ガリウム系化合物半導体層を短時間に、厚さ方向に均一に低抵抗化できるp型窒化ガリウム系化合物半導体層の製造方法を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】 (構成) 上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。即ち本発明は、p型窒化ガリウム系化合物半導体層の製造方法において、n型窒化ガリウム系化合物半導体層上に気相成長法によってp型不純物をドーパした窒化ガリウム系化合物半導体層を成長する工程と、窒素ガスを流しながら20～1000パスカルの減圧下で、前記成長した窒化ガリウム系化合物半導体層に該半導体層の禁制帯幅以上のエネルギーの光を照射しながら、該半導体層を200～400℃の温度でアニールする工程とを含むことを特徴とする。

【0011】 ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものがあげられる。

(1) n型窒化ガリウム系化合物半導体層上に成長した窒化ガリウム系化合物半導体層を光照射と共にアニールする前に、該半導体層上に光に対して実質的に透明であるキャップ層を形成すること。

(2) 窒化ガリウム系化合物半導体層として、 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) を用いること。

(3) 気相成長法として、MOCVD法を用いること。

【0012】(作用) 本発明では、気相成長法によりp型不純物をドーブした窒化ガリウム系化合物半導体層を成長した後、窒素ガスを流しながら20から1000パスカルの減圧下で、成長した窒化ガリウム系化合物半導体層の禁制帯幅以上のエネルギーの光を該半導体層に照射しながら、200~400℃の温度でアニールを行う。

【0013】ここで、窒素ガスの圧力が20パスカルより低くなると窒化ガリウム系化合物半導体層からのNの蒸発を防ぐことができず、また1000パスカルより高くなると水素の蒸発が抑えられるので、この範囲が望ましい。この方法によって、結晶からの窒素の蒸発を防ぐと同時に、結晶からの水素の蒸発を加速することができる。

【0014】また本発明では、アニール時にp型窒化ガリウム系化合物半導体層の禁制帯幅以上のエネルギーの光を該半導体に照射する理由は、p型層のみに光エネルギーを与えるためである。p型層のみに選択的に与えられた熱エネルギーは、結晶欠陥で再結合し、それによって放出されたフォノンが水素の結晶内移動を助け、外へ蒸発することを可能にする。

【0015】アニール温度を200~400℃に設定した理由は、200℃未満の温度であると水素の蒸発が起こらず、低抵抗化しないためであり、400℃以上の温度であると、カーボン、ナトリウムなどの低抵抗化するのに有害な元素がGaN表面に付着するからである。

【0016】また本発明では、窒化ガリウム系化合物半導体層からの窒素の分解、蒸発を十分に防ぐことができるが、p型窒化ガリウム系化合物半導体層上に光に対して実質的に透明なキャップ層を設ければ、窒化ガリウム系化合物半導体層からの窒素の蒸発をさらに防ぐことが可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。図1は、本発明の一実施形態方法を適用する窒化ガリウム系化合物半導体の積層構造を示す断面図である。

【0018】まず、CVDチャンバ内に収容したサファイア基板11に対し、TMG、TMA、アンモニアを原料ガスとして用いるMOCVD法で、GaNバッファ層12を介してSiドーブn型GaN層13を20μm成長し、さらにその上にMgドーブp型GaN層14を20μm成長した。このウェハを二分割し、その一つには、波長337nm、エネルギー密度2000W/cm<sup>2</sup>の窒素レーザを照射しつつ、窒素を流しながら300パスカルの減圧下で、350℃で30分間のアニールを施した。他の一つには、常圧の窒素を流しながら、80

0℃で15分間のアニールを施した。

【0019】両者のウェハをCVDチャンバから取り出した後、電極を付け、発光ダイオードを作成した。駆動電流30mAの両者の発光スペクトルを、図2に示す。実線1は前者の試料であり、破線2は後者の試料である。前者のバンド端発光は大変強かったが、後者のバンド端発光は弱く、しかも深い順位に起因する発光が観察された。前者のウェハをアニールするときに、p型GaN層14上にSiO<sub>2</sub>からなるキャップ層を100nm付けておくと、付けないものよりもさらにバンド端発光は強くなった。

【0020】このように本実施形態によれば、p型GaN層14をアニールする際に、光を照射すると共に、窒素ガスの圧力及びアニール温度を最適化することにより、n型GaN層13を劣化させずに、p型GaN層14を短時間に、且つ厚み方向に均一に低抵抗化することができる。また、p型GaN層14のみに集中的に熱エネルギーを与えることができ、アニール温度を低くすることができる。しかも、III族とV族の化学量論比が1:1となる結晶を得ることができる。従って、発光ダイオードはもとより青色発光デバイスの製造に極めて有効である。

【0021】また、p型GaN層14上にアニール時の照射光に対して透明なキャップ層を設けることにより、GaN層13、14からのNの蒸発をさらに防ぐことが可能となる。

【0022】なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。実施形態では、GaNの製造について説明したが、これに限らずGaAlNに適用することができ、さらに各種の窒化ガリウム系化合物半導体の製造に適用することが可能である。

【0023】また、アニール時の窒素ガスの圧力は、300パスカル程度に何ら限定されるものではなく、結晶からの窒素の蒸発を防ぐと同時に、結晶からの水素の蒸発を加速する減圧条件であればよい。具体的には、窒素ガスの圧力が20パスカルより低くなると窒化ガリウム系化合物半導体層からのNの蒸発を防ぐことができないので、20パスカル以上とすればよい。さらに、窒素ガスの圧力が1000パスカルより高くなると、水素の蒸発が抑えられるので、1000パスカル以下とすればよい。

【0024】また本発明では、アニール時に照射する光は、p型窒化ガリウム系化合物半導体層で十分吸収されるものであればよく、該半導体層の禁制帯幅以上のエネルギーを有する波長であればよい。

【0025】また、アニール温度は350℃程度に何ら限定されるものではなく、仕様に応じて適宜変更可能である。但し、アニール温度が200℃未満の温度であると水素の蒸発が起こらず低抵抗化しないため、アニール温度は200℃以上が望ましい。さらに、アニール温度

が400℃を越えるとカーボン、ナトリウムなどの低抵抗化するのに有害な元素が窒化ガリウム系化合物半導体層の表面に付着するので、アニール温度は400℃以下が望ましい。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0026】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、気相成長法によってn型窒化ガリウム系化合物半導体層上にp型不純物をドーパした窒化ガリウム系化合物半導体を成長した後、窒素ガスを流しながら20から1000

10

劣化が発生せず、p型窒化ガリウム系化合物半導体を短時間に、厚さ方向に均一に低抵抗化することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

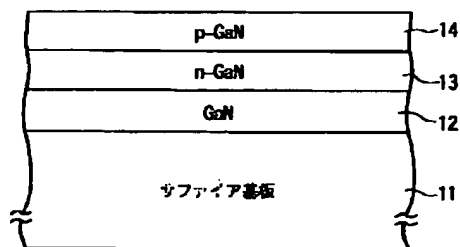
【図1】実施形態で作成した半導体構造を示す断面図。

【図2】実施形態における窒化ガリウム系発光ダイオードの発光スペクトルを従来例と比較して示す図。

【符号の説明】

- 11…サファイア基板
- 12…GaNバッファ層
- 13…n型GaN層（n型窒化ガリウム系化合物半導体層）
- 14…p型GaN層（p型窒化ガリウム系化合物半導体層）

【図1】



【図2】

